

ОБЩАЯ ПСИХОЛОГИЯ, ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ И ПСИХОФИЗИКА

С. Ю. Киселев, В. И. Лупандин

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ СЕНСОМОТОРНЫХ РЕАКЦИЙ У ДЕТЕЙ 4–6 ЛЕТ

В экспериментальной психологии накоплен большой эмпирический материал, касающийся различных сторон сенсомоторного реагирования человека [2,26]. Установлено, что *время реакции (ВР)* зависит практически от всех внешних и внутренних факторов, влияющих на состояние ЦНС. Выявлен ряд закономерностей, выражающих зависимость *ВР* от физических качеств и динамики предъявления стимулов, их вероятностных характеристик, а также особенностей психических состояний человека [8]. Было проведено достаточно много исследований, связанных с возрастным аспектом сенсомоторных реакций (СМР) [3,21,22,23,24,25]. Однако эти работы, как правило, ограничивались исследованием *динамики* изменения с возрастом тех или иных показателей СМР. Изучались, главным образом, *простые сенсомоторные реакции*, а в качестве основного показателя использовалось *ВР*. В этих работах практически не уделялось внимание анализу причин и механизмов совершенствования с возрастом СМР. Отчасти это можно объяснить тем, что до сих пор отсутствует общепринятая концепция о механизме сенсомоторного реагирования. Существуют различные модели СМР. Одной из наиболее популярных является когнитивная модель [16]. В отечественной психологии разрабатываются различные психофизиологические модели, опирающиеся, в частности, на принцип *функциональных систем* [2, 11, 18].

В данном исследовании была поставлена цель проанализировать некоторые механизмы и причины совершенствования СМР у детей дошкольного возраста в рамках *системного подхода*. В соответствии с *системным подходом* СМР рассматривалась как форма произвольной психической активности, которая связана с деятельностью определенной *функциональной системы (ФС)*, в состав которой входят различные звенья (сенсорно-перцептивное, моторное, звено принятия решения, звено регуляции и т.д.). Известно, что различные звенья связаны с разными структурами мозга [12]. Гетерохронность структурно-функционального созревания мозга ребенка обуславливает то, что разные звенья исследуемой ФС развиваются неравномерно. Следовательно, можно предположить, что на разных этапах онтогенеза дошкольника вклад различных

факторов (созревание того или иного звена) в совершенствование СМР будет не одинаковым. Дошкольный период – это один из важных критических периодов развития, характеризующийся высокими темпами созревания морфофункциональных структур мозга [14, 17]. В связи с этим можно предположить, что в период с 4 до 6 лет происходят выраженные изменения в ФС, обеспечивающей СМР ребенка. Это позволяет достаточно отчетливо увидеть и проанализировать причины и механизмы совершенствования СМР на данном этапе онтогенеза ребенка.

В соответствии с целью данного исследования были поставлены следующие задачи:

- разработать методические подходы для исследования простых и дифференцировочных реакций у детей дошкольного возраста;
- разработать способ оценки уровня зрелости различных звеньев, входящих в состав ФС, обеспечивающей СМР;
- выявить ведущие факторы совершенствования простых и дифференцировочных реакций у детей в период с 4 до 6 лет;
- проанализировать темпы развития различных звеньев исследуемой ФС и отдельных ее свойств (реактивности и подвижности) у детей в период с 4 до 6 лет;
- выявить возрастные особенности в протекании различных СМР у детей дошкольного возраста.

МЕТОДИКА

Для решения поставленных задач была разработана адаптированная для дошкольного возраста компьютерная методика, направленная на исследование трех типов СМР – простых реакций (ПР), реакций различения (РР) и реакций выбора (РВ) [7]. Методика разрабатывалась таким образом, чтобы условия тестирования учитывали специфику детей дошкольного возраста. Большое внимание уделялось организации эксперимента, учитывался опыт ранее проведенных нами исследований [4,5,6]. Были разработаны следующие методические подходы к проведению исследования:

- длительность эксперимента не превышала 20–25 минут (учитывалась быстрая истощаемость детей дошкольного возраста);
- задания в тесте располагались в порядке возрастания трудности (сначала исследовались ПР, потом более сложные реакции различения и далее реакции выбора);
- количество реакций в каждой серии эксперимента не превышало 20 (так как однообразие задания могло приводить к отвлечению внимания);

– задания теста были разработаны таким образом, чтобы они были достаточно интересны для ребенка (поэтому в качестве стимульного материала использовались красочные картинки различных животных);

– в процессе выполнения заданий ребенок периодически получал положительное подкрепление со стороны экспериментатора в виде разнообразных похвал;

– эксперимент проводился в виде игры, в которой ребенок должен был «ловить» разных животных.

Подобная организация эксперимента позволила исследовать у детей 4–6 лет не только простые, но сложные дифференцировочные реакции, в частности, *реакции выбора из 4 альтернатив*.

Исследование проводилось всегда в утренние часы (с 9 до 12 часов) в кабинете психолога. Вначале экспериментатор проводил короткую беседу с ребенком. Инструкция была одной и той же для детей всех исследованных групп. Детям 4 лет экспериментатор демонстрировал на собственном примере, как надо правильно «играть». Основная серия начиналась только после того, как экспериментатор убеждался, что ребенок правильно понял инструкцию.

В эксперименте приняли участие 165 детей из ДООУ г. Екатеринбурга и г. Москвы, из них 54 ребенка в возрасте 4 года (28 девочек и 26 мальчиков), 52 ребенка в возрасте 5 лет (30 девочек и 22 мальчика) и 59 детей в возрасте 6 лет (28 девочек и 31 мальчик).

Описание сенсомоторного теста

Тестирование включает три этапа, на каждом из которых исследуются три разных типа зрительно-моторных реакций – *простые реакции* (ПР) и два вида дифференцировочных реакций – *реакции различения* (РР) и *реакции выбора* (РВ).

На *первом этапе* тестирования исследуется ПР для левой и правой руки. В качестве стимула используется изображение пчелы. Вначале идет тренировочная серия. Если экспериментатор видит, что ребенок правильно усвоил правила «игры», запускается основная серия. Сначала ребенок должен реагировать на появление стимула правой рукой (10 предъявлений), а потом – левой (также 10 предъявлений). Регистрируются такие показатели, как ВР для левой и правой руки, количество *фальстартов* (Фс) и *вариативность* времени реакции (ВАР). ВАР определяется путем нахождения *коэффициента вариации* ВР в одной серии эксперимента.

Время между появлениями стимула варьирует случайным образом от 0,5 до 3 секунд. Компьютер фиксирует время (в миллисекундах) от момента появления стимула на экране до момента нажатия на соот-

ветствующую клавишу. Если испытуемый нажал на клавишу «пробел» раньше, чем появился стимул, то компьютером подается звуковой сигнал («короткий писк») в момент этого ошибочного нажатия. После этого экспериментатор предупреждает испытуемого, что нажимать на клавишу до появления картинки нельзя. Программа фиксирует число таких преждевременных нажатий (*фальстартов*).

На *втором этапе* исследуются дифференцировочные реакции типа *реакций различения* (РР). Этап состоит из 3 серий. Программа фиксирует не только Фс, но и ошибки испытуемого. Ребенок должен как можно быстрее нажимать на клавишу «пробел» только при появлении одного из двух стимулов, которые в случайном порядке высвечиваются в центре экрана. В *первой серии* в качестве альтернативных стимулов выступают легко дифференцируемые изображения тигра и слоненка, во *второй серии* – изображения бабочек, отличающихся только по цвету (зеленая и желтая), в *третьей серии* – зеркальные изображения зайца. Таким образом, в первой серии исследуются *реакции различения легко дифференцируемых стимулов* (РРЛ), во второй серии – *реакции различения стимулов, отличающихся по цвету* (РРЦ), а в третьей – *реакции различения стимулов, отличающихся по ориентации* (РРО).

Третий этап теста направлен на исследование *реакций выбора* и состоит из трех серий. В первой и второй сериях испытуемый должен как можно быстрее реагировать на появление одного стимула левой рукой, а на появление альтернативного – правой. В первой серии на изображение кошки надо реагировать левой рукой, а на изображение поросенка – правой. Во второй серии, наоборот, при появлении изображения кошки надо нажимать на правую клавишу, а при появлении изображения поросенка – на левую. Таким образом, в первой серии исследуются *реакции выбора из двух альтернатив* (РВ2), а во второй серии – *реакции выбора после переделки* (РВПП).

В третьей серии исследуются *реакции выбора из четырех альтернатив* (РВ4). Ребенок должен реагировать на четыре легко дифференцируемых стимула (изображение кролика, черепахи, льва и птицы), нажимая на четыре разных клавиши. На изображение кролика ребенок должен был реагировать безымянным пальцем левой руки, на черепаху – указательным пальцем левой руки, на льва – указательным пальцем правой руки и на птицу – безымянным пальцем правой руки. Экспериментатор добивался, чтобы ребенок еще до выполнения задания хорошо запомнил связь между стимулом и соответствующей клавишей. Для этого перед началом основной серии ребенка спрашивали, на какую клавишу он будет нажимать при появлении льва, кролика, птицы и черепа-

хи, после чего предлагалось нажать на соответствующие клавиши. Если ребенок правильно запоминал соответствующую связь, запускалась основная серия. В 1 и 2 серии третьего этапа использовалось по 10 предъявлений каждого стимула, а в 3 серии – по 5 предъявлений.

Результаты исследования и их обсуждение

Из рис.1 видно, что среднее время всех исследованных СМР достоверно уменьшается в период с 4 до 6 лет. За счет чего происходит наблюдаемое совершенствование СМР в онтогенезе дошкольника? Можно ли выделить какой-то один ведущий фактор, обеспечивающий прогрессивное развитие данной поведенческой активности, или существует несколько факторов? Если есть несколько факторов, то отличается ли их относительный вклад в совершенствование реакций на разных этапах онтогенеза? Отличаются ли разные виды СМР по темпам и ведущим факторам развития? Для того чтобы ответить на эти вопросы, рассмотрим динамику развития различных СМР с точки зрения созревания отдельных параметров исследуемых ФС (их звеньев и свойств).

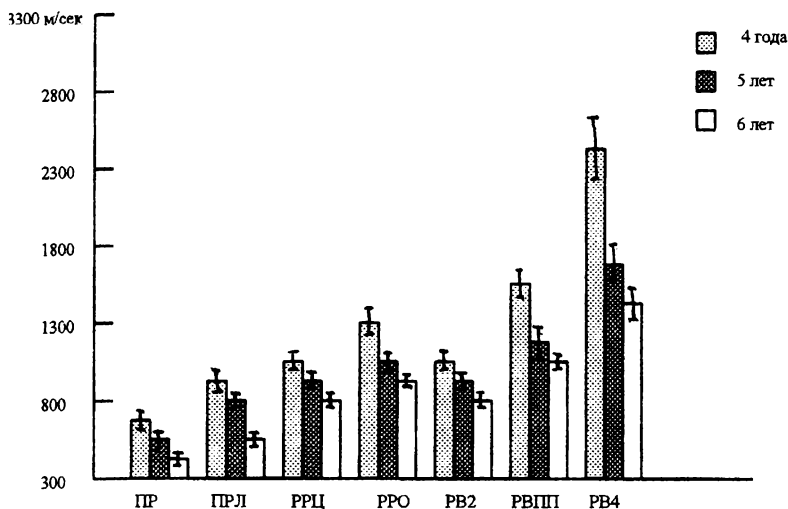


Рис.1. Время простых и дифференцировочных реакций у детей 4–6 лет

ПРОСТАЯ СЕНСОМОТОРНАЯ РЕАКЦИЯ (ПР)

Средние значения основных показателей ПР представлены в табл.1.

Таблица 1

Средние значения показателей простой реакции для трех возрастных групп (полужирным курсивом отмечены значения, достоверно ($p < 0,05$) отличающиеся между собой)

	4 года	5 лет	6 лет
Время ПР (мсек)	<i>678,5±32,4</i>	<i>557,4±37,7</i>	<i>466,9±21,9</i>
Вариативность ВР	22,9±1,7	22,2±1,6	21,4±1,6
Фальстарты	<i>1,6±0,5</i>	1,0±0,3	<i>0,4±0,2</i>

Как можно видеть, в период с 4 до 6 лет *ВР* и количество *Фс* уменьшается, а *вариативность ВР* не изменяется.

Исходя из этих фактов, можно выделить два ведущих фактора совершенствования *ПР* в онтогенезе дошкольника. Принято считать, что уменьшение *времени простой реакции* в онтогенезе ребенка связано с возрастанием уровня *реактивности сенсомоторной системы* [2, 10]. Следовательно, одним из ведущих факторов совершенствования *ПР* является возрастание *реактивности сенсомоторной системы*. Темпы развития данного параметра исследуемой *ФС* можно оценить по степени уменьшения *ВР* с возрастом. В период с 4 до 5 лет *ВР* уменьшается на 18%, а в период с 5 до 6 лет на 16%. Таким образом, в целом наблюдается равномерное возрастание уровня *реактивности сенсомоторной системы* в период с 4 до 6 лет. В общей сложности *ВР* уменьшается в исследованный период на 31%.

Вторым фактором совершенствования *ПР* в онтогенезе дошкольника является созревание звена *регуляции*. Об этом свидетельствует уменьшение количества *Фс* в данных реакциях. Мы исходим из предположения, что *Фс* – это крайний случай несогласованности работы двух звеньев *ФС*, обеспечивающей *ПР*, – *сенсорно-перцептивного звена* и звена *принятия решения*. Преодоление этой несогласованности можно объяснить совершенствованием в онтогенезе ребенка *межцентральных функциональных связей*, объединяющих передние (ответственные за принятие решения) и задние отделы головного мозга (ответственные за восприятие зрительных стимулов). В свою очередь, прогрессивное совершенствование этих связей обусловлено созреванием звена *регуляции* [17].

Уменьшение *вариативности ВР* с возрастом также может свидетельствовать о созревании звена *регуляции* исследуемой *ФС*. Это вытекает из предположения, что уровень *вариативности ВР* связан со *стабильностью* реагирования. А одним из факторов, обеспечивающих высокую стабильность реагирования, является высокий уровень произвольной *регуляции поведенческой активности*. Но, как видно из табли-

цы 1, *вариативность* ВР достоверно не изменяется в период с 4 до 6 лет. Следовательно, можно предположить, что созревание звена *регуляции* сказывается только на уменьшении количества *ФС*, но не отражается на *стабильности* реагирования в условиях совершения ПР. Данный факт можно объяснить тем, что ПР, вероятно, достаточно легки не только для старших, но и для младших дошкольников. Как будет показано в дальнейшем, в более сложных СМР наблюдается уменьшение *вариативности* ВР с возрастом. Предположительно это связано с тем, что такие реакции обеспечиваются более сложными *ФС*, имеющими больше степеней свободы. В этих условиях нагрузка ложится на звено *регуляции*, которое обеспечивает согласованную работу различных звеньев, входящих в состав данной *ФС*. Можно предположить, что уровня развития звена *регуляции* у младших дошкольников хватает для обеспечения достаточно высокой согласованности в работе отдельных звеньев *ФС*, обеспечивающей ПР. Поэтому по уровню *стабильности* простых реакций дети 4 лет значимо не отличаются от старших дошкольников.

Таким образом, ведущим фактором совершенствования ПР в онтогенезе дошкольника является увеличение уровня *реактивности сенсомоторной системы*. Созревание звена *регуляции* отражается только на уменьшении с возрастом количества *ФС*. *Стабильность* ПР значимо не изменяется с период с 4 до 6 лет.

Предполагается, что динамика развития *реактивности* сенсомоторной системы, выявленная на основании анализа развития ПР, верна и в отношении дифференцировочных реакций. Мы исходим из предположения, что все СМР обеспечиваются однотипными *ФС*, отличающимися только в отношении нагрузки на входящие в их состав звенья. В отличие от дифференцировочных реакций при осуществлении ПР нагрузка на все звенья исследуемой функциональной системы минимальна. Следовательно, ВР здесь, вероятно, в наибольшей степени связано с общей *реактивностью* сенсомоторной системы, а не с уровнем зрелости, например, сенсорно-перцептивного звена или звена принятия решения. Таким образом, на основе анализа развития ПР можно исследовать динамику и темпы развития общей *реактивности* как одного из свойств *ФС*, обеспечивающей протекание СМР.

РЕАКЦИИ РАЗЛИЧЕНИЯ (РР)

При выполнении РР двигательный компонент такой же, как и в ПР. Отличие заключается в том, что ребенок после появления стимула сначала должен его опознать, а потом принять решение, реагировать или не реагировать на него. Следовательно, нагрузка в этих реакциях ложится на *сенсорно-перцептивное* звено и звено *принятия решения*.

Таким образом, факторами совершенствования *РР* могут быть не только увеличение *реактивности* сенсомоторной системы, но и созревание *сенсорно-перцептивного звена* и *звена принятия решения*.

Для того, чтобы оценить вклад *звена принятия решения* и *сенсорно-перцептивного звена* в совершенствование исследуемой *ФС*, была исследована возрастная динамика двух видов *РР* – *реакций различения легко дифференцируемых стимулов (РРЛ)* и *реакций различения трудно дифференцируемых стимулов (РРС)*.

Реакции различения легко дифференцируемых стимулов (РРЛ)

РРЛ в силу легкости опознания стимулов в меньшей степени, чем в *РРС*, нагружают *сенсорно-перцептивное звено* исследуемой *ФС*. Следовательно, можно предположить, что по параметрам *РРЛ* можно судить о созревании *звена принятия решения*. Чтобы учесть фактор, связанный с увеличением *реактивности* сенсомоторной системы, определялось *время центральной задержки (ВЦЗ)*. Для этого из времени *РРЛ* вычиталось время *ПР*. Предполагается, что возрастная динамика *ВЦЗ* в *РРЛ* может отражать динамику созревания *звена принятия решения* в онтогенезе ребенка. Аналогичный вариант анализа дифференцировочных реакций уже использовался в более ранних исследованиях [9].

Средние значения основных показателей *РРЛ* представлены в табл.2.

Таблица 2

Средние значения показателей *РРЛ* для трех возрастных групп
(полужирным курсивом отмечены значения,
достоверно ($p < 0,05$) отличающиеся между собой)

	4 года	5 лет	6 лет
Время <i>РРЛ</i> (мсек)	<i>939,1±41,4</i>	<i>783,0±45,8</i>	<i>647,3±25,7</i>
<i>ВЦЗ (РРЛ)</i> (мсек)	<i>267,2±37,4</i>	<i>229,9±27,7</i>	<i>189,2±20,9</i>
Вариативность <i>ВР</i>	23,7±1,9	22,4±2,0	23,2±1,7
Ошибки	<i>0,6±0,2</i>	0,8±0,3	<i>1,1±0,2</i>

Из табл.2 видно, что в период с 4 до 6 лет происходит достоверное уменьшение *ВЦЗ* в *РРЛ*. Можно предположить, что одним из факторов совершенствования *РР* является созревание *звена принятия решения*. При этом в период с 4 до 5 лет *ВЦЗ* уменьшается на 16%, а с 5 до 6 лет на 18%. Следовательно, динамика созревания *звена принятия решения* достаточно равномерна в интервале с 4 до 6 лет. В целом, *ВЦЗ* в период с 4 до 6 лет уменьшается на 29%.

Из табл.2 видно, что *вариативность* времени *РРЛ* с возрастом не изменяется. Но при этом обнаружилось парадоксальное увеличение с возрастом количества *ошибок*. Предполагается, что ошибки, как и фаль-

старты в ПР, свидетельствуют о несовершенстве процесса регуляции произвольных реакций. Они представляют собой крайний случай несогласованности в работе отдельных звеньев ФС, обеспечивающей данный вид поведенческой активности. Таким образом, в период с 4 до 6 лет наблюдается отрицательная динамика развития *звена регуляции*. Данный факт может быть объяснен возрастными особенностями детей старшего дошкольного возраста. В ряде исследований установлено, что дети 6–7 лет проявляют высокую *импульсивность* в поведенческой активности [20]. Это связывают с особенностями созревания лобной коры и включения ее в обеспечение высших психических функций ребенка. То есть, ошибки у старших дошкольников свидетельствуют о несовершенстве регуляции процесса *принятия решения*, которое проявляется в высокой импульсивности при выполнении различных заданий. Можно предположить, что у старших дошкольников при выполнении РРЛ наблюдается иная стратегия, чем у младших дошкольников. Дети 6 лет предпочитают реагировать быстро в ущерб качеству реакции, а младшие дошкольники, наоборот, большее внимание, вероятно, уделяют правильности реагирования. Данное утверждение требует дальнейшей проверки. Вполне возможно, что имеются индивидуально-типологические различия между детьми по этому показателю. Нами было обнаружено, что значимое увеличение ошибок в период с 4 до 6 лет характерно только для мальчиков. У девочек данная тенденция не выражена.

Таким образом, можно выделить два фактора совершенствования РРЛ в период с 4 до 6 лет – во-первых, увеличение общей *реактивности*, во-вторых, созревание звена *принятия решения*. Кроме того, у старших дошкольников обнаружена возрастная особенность при выполнении РРЛ, связанная с высокой *импульсивностью* реагирования.

Предполагается, что возрастная динамика созревания звена *принятия решения*, выявленная при анализе развития РРЛ, верна и в отношении всех остальных *РР*. Это связано с тем, что характер работы данного звена в составе ФС, обеспечивающих *РР*, сходен. При осуществлении всех *РР* принимается одно и то же решение – *реагировать* или *не реагировать* на появившийся стимул.

Реакции различения трудно дифференцируемых стимулов (РРС)

РРС нагружают не только звено *принятия решения*, но и *сенсорно-перцептивное звено*. Если из времени РРС вычесть время РРЛ, то получится показатель, условно названный ВСЗ (время сенсорной задержки), который, по нашему мнению, может быть использован для оценки уровня зрелости *сенсорно-перцептивного звена* ФС, обеспечивающей *РР*. Таким образом, прослеживая возрастную динамику ВСЗ

можно исследовать темпы созревания данного звена. Аналогичный вариант анализа дифференцировочных реакций уже использовался в некоторых исследованиях [1].

Было исследовано созревание двух аспектов работы *сенсорно-перцептивного звена* – во-первых, *дискриминативной* способности зрительной сенсорной системы, во-вторых, *пространственного* аспекта зрительного восприятия.

Для исследования дискриминативной способности сенсорной системы использовались *реакции различения стимулов, отличающихся по цвету (РРЦ)*, стимулы – желтая и красная бабочки). Желтый и красный цвет являются близкими по цветовому тону. Следовательно, быстрота опознания этих цветов может свидетельствовать об уровне дифференцировочной способности мозга в отношении цвета. Динамика изменения ВСЗ в этих реакциях может использоваться для исследования темпов созревания дискриминативных свойств *сенсорно-перцептивного звена* исследуемой ФС. Надо сказать, что мы ограничились анализом развития дискриминативных свойств зрительной сенсорной системы только в отношении цвета. Аналогичное исследование можно провести для формы, величины и других признаков зрительных стимулов.

Для исследования пространственного аспекта зрительного восприятия использовались *реакции различения стимулов, отличающихся по ориентации (РРО)*, стимулы – зеркальные изображения зайца). Известно, что пространственный аспект зрительного восприятия связан с зоной ТРО [12]. То есть, РРЦ и РРЛ, в какой-то мере, могут отражать уровень зрелости разных областей коры больших полушарий. Таким образом, прослеживая динамику изменения ВСЗ в РРО можно исследовать темпы созревания пространственного аспекта *сенсорно-перцептивного звена* исследуемой ФС.

Реакции различения стимулов, отличающихся по цвету (РРЦ)

Средние значения основных показателей РРЦ представлены в табл. 3.

Таблица 3

Средние значения показателей РРЦ для трех возрастных групп
(полужирным курсивом отмечены значения,
достоверно ($p < 0,05$) отличающиеся между собой)

	4 года	5 лет	6 лет
Время РРЦ (мсек)	<i>1054,0±56,1</i>	<i>870,0±40,2</i>	<i>741,9±26,5</i>
ВСЗ (РРЦ) (мсек)	114,9±41,2	87,0±35,2	94,5±21,7
Вариативность ВР	<i>23,9±1,4</i>	<i>20,9±1,2</i>	21,6±1,3
Ошибки	<i>0,9±0,3</i>	<i>0,4±0,2</i>	0,6±0,2

Из табл.3 видно, что ВСЗ в РРЦ достоверно не изменяется в период с 4 до 6 лет. Количество *ошибок* и *вариативность* времени РРЦ достоверно уменьшаются к 5 годам.

Таким образом, в период с 4 до 6 лет не происходит значительных изменений в дискриминативной способности зрительной коры в отношении цвета. То есть *сенсорно-перцептивное* звено не претерпевает значимых изменений в составе ФС, обеспечивающей РРЦ.

С другой стороны, в период с 4 до 5 лет происходят значимые изменения в звене *регуляции* исследуемой ФС. Созревание звена *регуляции* сказывается не только на уменьшении *ошибок*, но и на уменьшении *вариативности* ВР в данный период онтогенеза. *Вариативность* ВР в период с 4 до 6 лет уменьшается на 10%. Интересно отметить, что дети 6 лет в РРЦ делают достоверно меньше ошибок ($0,6 \pm 0,2$), чем в РРЛ ($1,1 \pm 0,2$). То есть в более сложных реакциях они демонстрируют другую стратегию реагирования – больше внимание уделяют правильности реагирования. Можно предположить, что *импульсивность* при выполнении СМР у старших дошкольников ярче проявляется в более легких заданиях, в частности, в РРЛ.

Таким образом, можно выделить 3 основных фактора совершенствования ФС, обеспечивающей РРЦ: во-первых, возрастание *реактивности*; во-вторых, созревание звена *принятия решения*, в-третьих, созревание звена *регуляции*.

Реакции различения стимулов, отличающихся по ориентации (РРО)

Средние значения основных показателей РРО представлены в табл. 4.

Таблица 4

Средние значения показателей РРО для трех возрастных групп
(полужирным курсивом отмечены значения,
достоверно ($p < 0,05$) отличающиеся между собой)

	4 года	5 лет	6 лет
Время РРО (мсек)	<i>1311,1±79,9</i>	<i>1039,1±46,3</i>	<i>891,7±26,0</i>
ВСЗ (РРО) (мсек)	<i>372,0±68,2</i>	<i>256,1±43,3</i>	<i>244,4±28,2</i>
Вариативность ВР	<i>24,6±2,5</i>	<i>21,5±1,7</i>	<i>19,7±1,4</i>
Ошибки	<i>1,4±0,4</i>	<i>0,8±0,2</i>	<i>0,5±0,2</i>

Как можно видеть, в период с 4 до 5 лет достоверно уменьшается ВСЗ, а в период с 4 до 6 лет количество *ошибок* и *вариативность* времени РРО.

Однофакторный дисперсионный анализ, в котором фактором служил возраст испытуемых, показал значимое изменение ВСЗ в период

с 4 до 6 лет ($F=8,07$ при $F_{кр}=3,05$). Таким образом, можно предположить, что одним из факторов совершенствования РРО с возрастом является созревание *сенсорно-перцептивного звена* исследуемой ФС. Более того, об этом говорит и достоверное уменьшение *ошибок*, которые в данных реакциях могут свидетельствовать не только о низком уровне развития звена *регуляции*, но и об ошибках *дифференциации* зрительных стимулов в условиях совершения СМР.

Из табл.4 видно, что совершенствование РРО идет также за счет созревания звена *регуляции*, так как в период с 4 до 6 лет достоверно уменьшается *вариативность* времени РРО.

Таким образом, все исследованные параметры ФС вносят определенный вклад в прогрессивное развитие РРО. В связи с этим, можно оценить относительные темпы их созревания, а также вклад в общее совершенствование РРО (см. табл.5).

Таблица 5

Темпы развития различных параметров функциональной системы, обеспечивающей реакции различения стимулов, отличающихся по ориентации (РРО) (в процентах представлен уровень изменения соответствующего показателя сенсомоторных реакций)

	с 4 до 5 лет	с 5 до 6 лет	с 4 до 6 лет
<i>Реактивность</i> (время ПР)	18%	16%	31%
<i>Сенсорно-перцептивное звено</i> (ВСЗ в РРО)	31%	5%	34%
<i>Звено регуляции</i> (вариативность РРО)	13%	8%	20%
<i>Звено принятия решения</i> (ВЦЗ в РРЛ)	16%	18%	29%

На основании данных табл.5 можно сделать следующие выводы.

Во-первых, темпы созревания различных составляющих РРО на разных этапах онтогенеза не одинаковые. В период с 4 до 5 лет наиболее высокие темпы созревания наблюдаются в *сенсорно-перцептивном звене* (31%), меньше в *реактивности* сенсомоторной системы (18%) и в звене *принятия решения* (16%), а самые низкие в звене *регуляции* (13%). В период с 5 до 6 лет наиболее высокие темпы созревания наблюдаются в звене *принятия решения* (18%) и *реактивности* сенсомоторной системы (16%), меньше в звене *регуляции* (8%) и еще меньше в *сенсорно-перцептивном звене* (5%). Другими словами, наибольший вклад в совершенствование РРО в период с 4 до 5 лет вносит созревание *сенсорно-перцептивного звена*, а в период с 5 до 6 лет созревание звена *принятия решения* и увеличение *реактивности* сенсомоторной системы.

Во-вторых, в период с 4 до 6 лет наибольший вклад в совершенствование РРО из исследованных звеньев вносит созревание *сенсорно-перцептивного звена*, а наименьший *звено регуляции*.

В-третьих, в целом, темпы развития всех исследованных параметров ФС, обеспечивающей РРО, выше в период с 4 до 5 лет, чем в период с 5 до 6 лет.

Приведенные данные подтверждают и конкретизируют в отношении развития произвольных сенсомоторных реакций известную закономерность, связанную с гетерохронностью структурно-функционального развития мозга ребенка.

РЕАКЦИИ ВЫБОРА

Реакции выбора из двух альтернатив (PB2)

Реакции выбора из двух альтернатив (легко дифференцируемых) в отличие от ПР нагружают звено принятия решения. В отличие от РРЛ в PB2 принятие решения связано не просто с решением – реагировать или не реагировать, но и как реагировать (правой или левой рукой). Предполагается, что ВЦЗ в этих реакциях может быть использовано для анализа уровня зрелости данного звена в исследуемой ФС.

Средние значения основных показателей PB2 представлены в табл.6.

Таблица 6

Средние значения показателей PB2 для трех возрастных групп
(полужирным курсивом отмечены значения,
достоверно ($p < 0,05$) отличающиеся между собой)

	4 года	5 лет	6 лет
Время PB2 (мсек)	<i>1096,7±41,0</i>	<i>922,5±41,6</i>	<i>801,2±24,7</i>
ВЦЗ (PB2) (мсек)	<i>418,2±29,1</i>	365,2±35,7	<i>334,3±25,0</i>
Вариативность ВР	<i>23,7±1,4</i>	22,1±1,2	<i>20,1±1,2</i>
Ошибки	0,9±0,3	0,8±0,3	0,7±0,2

Из табл.6 видно, что в период с 4 до 6 лет происходит достоверное уменьшение ВЦЗ в PB2. Следовательно, можно предположить, что одним из факторов совершенствования *PB* является созревание *звена принятия решения*. При этом в период с 4 до 5 лет ВЦЗ уменьшается на 13%, а в период с 5 до 6 лет на 8%. То есть динамика созревания звена *принятия решения* в период с 4 до 5 лет несколько выше, чем в период с 5 до 6 лет. В целом, ВЦЗ в период с 4 до 6 лет уменьшается на 20%.

Обращает на себя внимание то, что темпы развития звена *принятия решения* в составе ФС, обеспечивающей *PB*, несколько ниже, чем темпы развития соответствующего звена в *РР*. Это хорошо видно из табл.7. Если в *РР* наблюдается равномерное развитие по годам звена *принятия решения*, то в *PB*, как было уже сказано, темп развития соот-

ветствующего звена в период с 4 до 5 лет выше, чем в период с 5 до 6 лет. Можно отметить также, что в период с 5 до 6 лет темп созревания звена *принятия решения* в РРЛ намного выше темпа развития соответствующего звена в РВ2, тогда как в период с 4 до 5 лет не наблюдается существенной разницы по данному показателю.

Таблица 7

Темпы развития звена принятия решения ФС, обеспечивающей реакции различения и реакции выбора (в процентах представлен уровень изменения соответствующего показателя сенсомоторных реакций)

	С 4 до 5	С 5 до 6	С 4 до 6
ВЦЗ в РРЛ	16%	18%	29%
ВЦЗ в РВ2	13%	8%	20%

Надо отметить, что по абсолютным показателям ВЦЗ в РВ больше, чем в РР. По-видимому, это связано с тем, что принятие решения и актуализация двигательной программы в условиях совершения РВ занимает больше времени, чем в РР. В РВ происходит не только дифференциация зрительных стимулов, но и дифференциация движения, в то время как в РР есть только дифференциация стимулов.

На основании полученных данных можно предположить, что с возрастом происходит увеличение различий между РРЛ и РВ2 в отношении звена *принятия решения*. Одним из способов, позволяющих установить уровень различия механизмов, является нахождение корреляции между временем соответствующих реакций [10]. Чем меньше корреляция, тем сильнее отличаются данные реакции. В нашем исследовании обнаружено уменьшение корреляции между временем РРЛ и РВ2 с возрастом (4 года – 0,70; 5 лет – 0,67; 6 лет – 0,43). Это же характерно и для ВЦЗ в РРЛ и РВ2 (4 года – 0,49; 5 лет – 0,42; 6 лет – 0,26). Данный факт можно объяснить, опираясь на идею прогрессивного дифференцирования функциональных систем в онтогенезе ребенка [19]. Одним из существенных аспектов совершенствования ФС с возрастом является переход от диффузных, генерализованных форм активности к более локальным и дифференцированным. С точки зрения мозговой активности, это означает увеличение *дискриминативной* способности мозга при реализации СМР. Можно предположить, что в период с 4 до 6 лет происходят некоторые изменения в механизме принятия решения. В 4 года он более генерализованный, а в 6 лет наблюдается некоторая дифференциация между двумя вариантами принятия решения: с одной стороны, *реагировать* или *не реагировать*, с другой стороны, *как реагировать*. Это может означать, что у ребенка 6 лет высокая скорость принятия решения в РР в меньшей степени связана с высокой скоростью принятия решения в РВ, чем у детей 4 лет.

Таким образом, в период с 4 до 6 лет происходят некоторые изменения в ФС, обеспечивающих РВ и РР. Можно предположить, что одним из направлений этих изменений является прогрессивная дифференциация механизма *принятия решения* в онтогенезе ребенка.

Из табл.6 видно, что *вариативность* времени РВ2 с возрастом уменьшается. Следовательно, одним из факторов совершенствования РВ2 является также созревание звена *регуляции* соответствующей ФС. Но, как показывают данные, с возрастом достоверно не изменяется количество ошибок в РВ2. То есть, созревание звена *регуляции* сказывается только на увеличении *стабильности* реагирования в РВ2, но не на уменьшении количества ошибок. Отметим также, что *импульсивность* шестилеток, отразившаяся на характере выполнения РРЛ, не проявилась при выполнении РВ2.

Таким образом, можно выделить три фактора совершенствования РВ2 в период с 4 до 6 лет – во-первых, увеличение *реактивности*, во-вторых, созревание звена *принятия решения*, в-третьих, созревание звена *регуляции*.

Реакции выбора после переделки (РВПП)

В данном исследовании показатели РВПП использовались для анализа возрастной динамики *подвижности* как одного из свойств ФС, обеспечивающей СМР. Уровень изменения показателей СМР (ВР и количества ошибок) после переделки традиционно используется в психофизиологии для исследования *подвижности* нервных процессов [13, 15].

Использовалось два показателя *подвижности*. 1) ПП1: разница между ВР до и после переделки (из среднего времени РВПП вычиталось среднее время РВ2). Чем меньше получаемое значение, тем выше подвижность. 2) ПП2: изменение количества ошибок после переделки. Чем больше данное значение, тем ниже подвижность.

Средние значения основных показателей РВПП представлены в табл.8.

Таблица 8

Средние значения показателей РВПП для трех возрастных групп (полужирным курсивом отмечены значения, достоверно ($p < 0,05$) отличающиеся между собой)

	4 года	5 лет	6 лет
Время РВПП (мсек)	<i>1478,1±87,2</i>	<i>1165,5±66,8</i>	<i>1038,3±50,9</i>
ПП1	<i>381,4±68,4</i>	<i>242,9±47,2</i>	237,1±38,4
ПП2	1,2±0,5	0,7±0,4	0,7±0,4

Как можно видеть, достоверное уменьшение ПП1 происходит только в период с 4 до 5 лет, а ПП2 достоверно не изменяется с возрас-

том. Таким образом, по крайней мере, по динамике изменения первого показателя можно сказать, что в период с 4 до 5 лет происходит определенное увеличение подвижности исследуемой ФС.

Относительные темпы развития подвижности и реактивности ФС, обеспечивающей СМР, представлены в табл.9.

Таблица 9

Темпы развития подвижности и реактивности ФС, обеспечивающей СМР
(в процентах представлен уровень изменения
соответствующего показателя СМР)

	с 4 до 5	с 5 до 6	с 4 до 6
Реактивность (время ПР)	18%	16%	31%
Подвижность (ППП)	36%	2%	38%

Из таблицы 9 видно, во-первых, что подвижность имеет более высокие темпы развития в период с 4 до 6 лет, чем реактивность. Во-вторых, если для реактивности характерен равномерный темп развития в период с 4 до 6 лет, то подвижность имеет наибольший темп развития в период с 4 до 5 лет и практически не изменяется в период с 5 до 6 лет.

Реакции выбора из 4 альтернатив (PB4)

PB4 в отличие от PB2 нагружают моторное звено и звено памяти. Следовательно, ВЦЗ в PB4 может быть использовано для анализа уровня зрелости данных звеньев. Средние значения основных показателей PB4 представлены в табл.10.

Таблица 10

Средние значения показателей PB4 для трех возрастных групп
(полужирным курсивом отмечены значения,
достоверно ($p < 0,05$) отличающиеся между собой)

	4 года	5 лет	6 лет
Время PB4 (мсек)	<i>2468,8±214,0</i>	<i>1636,5±115,0</i>	<i>1360,8±92,0</i>
ВЦЗ (PB4) (мсек)	<i>1790,3±203,9</i>	<i>1079,1±98,3</i>	<i>893,9±83,5</i>
Вариативность ВР	<i>31,8±2,3</i>	28,9±1,8	<i>27,0±1,9</i>
Ошибки	<i>2,4±0,7</i>	1,2±0,5	<i>0,8±0,3</i>

Как видно из таблицы 10, в период с 4 до 6 лет происходит достоверное уменьшение ВЦЗ в PB4. Следовательно, можно предположить, что одним из факторов совершенствования PB4 является созревание моторного и памятного звена. При этом в период с 4 до 5 лет ВЦЗ уменьшается на 40%, а в период с 5 до 6 лет на 17%. То есть динамика созревания соответствующих звеньев ФС неравномерна в исследуемый период. С 4 до 5 лет наблюдаются более высокие темпы развития, в период с 5 до 6 лет темп развития значительно снижается. В целом, ВЦЗ в период с 4 до 6 лет уменьшается на 50%. То есть из всех исследованных

параметров темпы развития *памятного и моторного звена* наиболее высокие.

Из полученных данных видно, что созревание звена *регуляции* также вносит определенный вклад в совершенствование РВ4. Об этом говорит достоверное уменьшение *ошибок и вариативности времени* РВ4 в период с 4 до 6 лет.

Таким образом, можно выделить следующие факторы совершенствования РВ4: увеличение *реактивности*, созревание звена *принятия решения, памятного и моторного звена* и звена *регуляции*. Темпы развития соответствующих звеньев в составе исследуемой ФС представлены в табл. 11.

Таблица 11

Темпы развития различных параметров ФС, обеспечивающей РВ4
(в процентах представлен уровень изменения
соответствующего показателя СМР)

	с 4 до 5	с 5 до 6	с 4 до 6
<i>Реактивность</i> (время ПР)	18%	16%	31%
<i>Памятное и моторное звено</i> (ВЦЗ)	40%	17%	50%
<i>Звено принятия решения</i> (ВЦЗ в РВ2)	16%	18%	29%
<i>Звено регуляции</i> (вариативность времени РВ4)	9%	7%	15%

Из таблицы 11 видно, что в период с 4 до 5 лет наиболее высокие темпы созревания характерны для *памятного и моторного звена*, а в период с 5 до 6 лет темпы развития трех из 4 исследованных параметров примерно одинаковые (*реактивности*, звена *принятия решения, памятного и моторного звена*). Следовательно, наибольший вклад в совершенствование РВ4 в период с 4 до 5 лет вносит созревание *памятного и моторного звена*, а в период с 5 до 6 лет вклад обозначенных звеньев в прогрессивное развитие данных реакций выравнивается.

ВЫВОДЫ

1. Выявлены ведущие факторы совершенствования простых и дифференцировочных реакций у детей в период с 4 до 6 лет.
2. Одним из ведущих факторов совершенствования сенсомоторных реакций в онтогенезе дошкольника является увеличение *реактивности и подвижности* сенсомоторной системы.
3. Созревание звена *принятия решения* в период с 4 до 6 лет является одним значимых факторов совершенствования *реакций различения и реакций выбора*.
4. Созревание *сенсорно-перцептивного звена* является ведущим фактором совершенствования *реакций различения стимулов, отличаю-*

ющихся по ориентации, но достоверно не отражается на развитии реакций различения стимулов, отличающихся по цвету.

5. Созревание памятного и моторного звена является ведущим фактором совершенствования реакций выбора из 4 альтернатив.

6. Созревание звена регуляции обеспечивает в период с 4 до 6 лет увеличение стабильности реагирования в РРЦ, РРО, РВ2 и РВ4, но не отражается на соответствующей характеристике ПР, РРЛ и РВПП.

7. Темпы созревания различных параметров функциональной системы, обеспечивающей сенсомоторные реакции, на разных этапах онтогенеза не одинаковые.

8. В период с 4 до 6 лет темпы развития звена принятия решения в составе функциональной системы, обеспечивающей реакции выбора, ниже, чем темпы развития соответствующего звена в реакциях различения.

9. Подвижность функциональной системы, обеспечивающей СМР, имеет наибольший темп развития в период с 4 до 5 лет и значительно не изменяется в период с 5 до 6 лет.

10. Наибольший вклад в совершенствование реакций различения стимулов, отличающихся по ориентации, в период с 4 до 5 лет вносит созревание сенсорно-перцептивного звена, а в период с 5 до 6 лет созревание звена принятия решения и увеличение реактивности сенсомоторной системы.

11. Для реакций выбора из 4 альтернатив в период с 4 до 5 лет наиболее высокие темпы созревания характерны для памятного и моторного звена, а в период с 5 до 6 лет темпы развития трех из 4 исследованных параметров исследуемой ФС выравниваются (реактивности, звена принятия решения, памятного и моторного звена).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 99-06-80123).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бетелева Т. Г. Нейрофизиологические механизмы зрительного восприятия. М., Наука. 1983.
2. Бойко Е. И. Возрастные изменения времени реакции у детей и у взрослых // Пограничные проблемы психологии и физиологии. М., Изд-во АПН РСФСР, 1961.
3. Бойко Е. И. Время реакция человека. М., Медицина, 1964.
4. Киселев С. Ю., Лупандин В. И. Время сенсомоторной реакции у детей дошкольного и младшего школьного возраста // Журн. высш. нерв. деят. 1997. Т. 47. №1.
5. Киселев С. Ю., Лупандин В. И. Динамика развития времени реакции на зрительные стимулы у детей дошкольного возраста // Психофизиологические основы социальной адаптации ребенка. СПб., 1999.
6. Киселев С. Ю., Лупандин В. И. Динамика развития времени реакции на зрительные стимулы в онтогенезе ребенка // Журн. высш. нервн. деят. 2001, №1.

7. Киселев С. Ю., Лупандин В. И., Маклаков К. В. Компьютерная методика исследования простых и дифференцировочных реакций у детей дошкольного и младшего школьного возраста// Журн. высш. нервн. деят. 2001.
8. Конопкин О. А. Психологические механизмы регуляции деятельности. М. 1980.
9. Костандов Э. А., Арзуманов, Ю. Л., Важнова Т. Н., Решикова Т. Н., Шостакович Г. С. Принятие решения и «средний член» рефлекса по И.М.Сеченову// Физиология человека, 1979, Т.5., №3.
10. Кринчик Е. П., Чуприкова Н. И. К вопросу о соотношении между индивидуальными показателями скорости простой реакции и реакции выбора различной степени сложности // Проблемы дифференциальной психофизиологии. М. 1977. Т.IX.
11. Лоскутова Т. Д. Время реакции как психофизиологический метод оценки функционального состояния центральной нервной системы// Нейрофизиологические исследования в экспертизе трудоспособности. Л., 1978.
12. Лурия А. Р. Основы нейропсихологии. М., Изд-во МГУ, 1973.
13. Небылицин В. Д. Избранные психологические труды. М., 1990.
14. Осипенко Т. Н. Психоневрологическое развитие дошкольников. М., Медицина, 1996.
15. Равич-Щербо И. В., Трифонова М. К. Двигательная реакция выбора как показатель типологических различий в дошкольном возрасте // Доклады АПН РСФСР, 1962, №4.
16. Солсо Р. Л. Когнитивная психология. М., Тривола, 1996.
17. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. Л, Наука, 1990.
18. Чуприкова Н. И. Предпусковая интеграция в опытах с измерением времени реакции человека// Системный анализ механизмов поведения. М., Наука, 1979.
19. Чуприкова Н. И. Психология умственного развития: принцип дифференциации. М., Столетие, 1997.
20. Beteleva T. G. Functional Maturation of the Perceptual system in Ontogenesis// In: Developing Brain and Cognition. D.Farber. Eds. Amsterdam, 1993.
21. Carron A. V., Bailey D. A. A longitudinal examination of speed of reaction time and speed movement in young boys from 7 to 13 years// Hum. Biol., V.45, 1973, No.4.
22. Goodenough F. L. The development of the reactive processes from early childhood to maturity// Journ. of exp. Psychol., 18, 1935.
23. Hale S. A. A global developmental trend in cognitive processing speed //Child. Dev. 1990. V.61.№3.
24. Hodkins J. Reaction Time and speed of movement in males and females of various ages// Res. Quart.Amer.Assoc.Health. V.34, 1963, №3.
25. Klimt F. Die Reaktionszeit auf optische Signale bei 4-bis9 jährigen Kindern// Arch. Kinderheilkunde, Bd.179, 1969, H.1.
26. Luce R.D. Response time. Oxford. 1986.

О. Е. Сурнина, В. И. Лупандин

ИССЛЕДОВАНИЕ СУБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ У МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ И ВЗРОСЛЫХ

Восприятие времени является одной из важнейших составляющих мировосприятия в целом. От того, насколько адекватно человек отражает временные параметры (длительность, последовательность событий, их начало и конец), каковы его возможности субъективного измерения времени, зависит успешность адаптации к окружающей среде в самом широком смысле слова.